



(10) **DE 11 2017 003 241 T5** 2019.03.28

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/003869**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 003 241.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/023775**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.06.2017**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.01.2018**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **G02B 27/18 (2006.01)**
G02B 26/10 (2006.01)
G02B 27/01 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2016-127756 **28.06.2016** **JP**

(71) Anmelder:
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(74) Vertreter:
**Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser,
Polte Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354
Freising, DE**

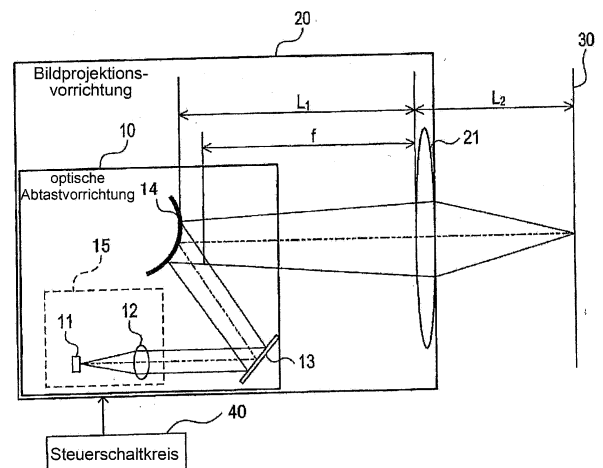
(72) Erfinder:
**Ishihara, Kazuyuki, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Ando, Hiroshi, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Bildprojektionsvorrichtung und Head-Up-Display-Vorrichtung, die mit einer
Bildprojektionsvorrichtung bereitgestellt ist**

(57) Zusammenfassung: Eine Bildprojektionsvorrichtung (20, 20A, 20B, 20C) weist eine Emittiereinheit (11), eine Formungseinheit (12), eine Einstelleinheit (14, 14A, 17), eine Abtasteinheit (14, 14A, 14B) und ein optisches Projektionssystem (21) auf. Das optische Projektionssystem ist so angeordnet, dass sich eine Position einer vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems an einer Position befindet, die von der Abtasteinheit um eine Brennweite des optischen Projektionssystems separiert ist.



BeschreibungQUERVERWEISE AUF
VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese internationale Anmeldung basiert auf der am 28. Juni 2016 beim Japanischen Patentamt eingereichten Japanischen Patentanmeldung Nr. 2016-127756 und beansprucht deren Priorität. Der gesamte Inhalt der Japanischen Patentanmeldung Nr. 2016-127756 ist in dieser internationalen Anmeldung durch Bezugnahme enthalten.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bildprojektionsvorrichtung und eine Head-Up-Display-Vorrichtung, die mit einer Bildprojektionsvorrichtung bereitgestellt ist.

STAND DER TECHNIK

[0003] Eine Head-Up-Display-Vorrichtung wird als ein Typ einer Bildprojektionsvorrichtung in JP 2010-49232 A beschrieben. In der obigen Vorrichtung wird ein Laserstrahl durch ein Divergenzwinkel-Umwandlungselement geformt, wird der geformte Laserstrahl durch einen MEMS-Spiegel abgetastet und tritt in ein Abweichungswinkel-Umwandlungselement ein, und wird auf einem Bildschirm über das Abweichungswinkel-Umwandlungselement gebildet bzw. geformt.

LITERATUR IM STAND DER TECHNIK

PATENTLITERATUR

[0004] Patentdokument 1: JP 2010-49232 A

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Falls in der obigen Vorrichtung der Abbildungspunkt des Laserstrahls vom Bildschirm abweicht, ist eine Möglichkeit vorhanden, dass ein Punktdurchmesser zunimmt und die Auflösung des Bildes abnimmt. Wenn folglich die oben beschriebene Vorrichtung in einem Fahrzeug installiert wird, ist es wünschenswert, eine Projektionsdistanz vom Abweichungswinkel-Umwandlungselement, das ein Element des optischen Projektionssystems ist, zum Bildschirm gemäß dem Anordnungsraum, der in Abhängigkeit des Fahrzeugtyps variiert, zu ändern. Infolge einer detaillierten Betrachtung der Erfindung wurde jedoch herausgefunden, dass falls das optische Projektionssystem für jeden Fahrzeugtyp speziell ausgelegt wird, um eine gute Bildformungsleistung ohne Berücksichtigung der oben erwähnten Projektionsdistanz zu erhalten, ist ein Problem vorhanden, dass Kosten und Arbeit etc. zunehmen können.

[0006] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es, eine Bildprojektionsvorrichtung und ein Head-Up-Display, das eine Bildprojektionsvorrichtung aufweist, bereitzustellen, die eine gute Bildleistung unter Verwendung eines gemeinsamen optischen Projektionssystems ohne Berücksichtigung der Projektionsdistanz erhalten bzw. erreichen können.

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist eine Bildprojektionsvorrichtung, die Licht, das eine Information darstellt, auf eine Projektionszielfläche projiziert eine Emittiereinheit, eine Formungseinheit, eine Einstelleinheit, eine Abtasteinheit und ein optisches Projektionssystem auf. Die Emittiereinheit ist so konfiguriert, dass sie einen Lichtstrahl emittiert. Die Formungseinheit ist so konfiguriert, dass sie eine Form des Lichtstrahls formt, der von der Emittiereinheit emittiert wird. Die Einstelleinheit ist so konfiguriert, dass sie Konvergenz und Divergenz des Lichtstrahls einstellt, der durch die Formungseinheit so geformt ist, dass ein Abbildungspunkt des Lichtstrahls auf der Projektionszielfläche positioniert ist. Die Abtasteinheit ist so konfiguriert, dass sie eine Abweichung des Lichtstrahls abtastet, dessen Konvergenz und Divergenz durch die Einstelleinheit eingestellt sind. Das optische Projektionssystem weist mindestens ein optisches Element auf. Das optische Projektionssystem ist in einem Pfad des Lichtstrahls von der Abtasteinheit zur Projektionszielfläche angeordnet und so konfiguriert, dass es den Lichtstrahl, dessen Abweichung durch die Abtasteinheit abgetastet wird, auf die Projektionszielfläche projiziert. Das optische Projektionssystem ist so angeordnet, dass sich eine Position einer vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems an einer Position befindet, die von der Abtasteinheit um eine Brennweite des optischen Projektionssystems separiert bzw. entfernt ist.

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen Abbildungspunkt des Lichtstrahls auf die Projektionszielfläche auszurichten, sogar wenn die Projektionsdistanz vom optischen Projektionssystem zur Projektionszielfläche durch Einstellen der Konvergenz und der Divergenz des Lichtstrahls geändert ist. Zusätzlich wird ein objektseitiges telezentrisches optisches System bereitgestellt, da die Position der vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems an einer Position angeordnet ist, die von der Abtasteinheit um die Brennweite des optischen Projektionssystems separiert ist. Dementsprechend ist es durch Einstellen der Konvergenz und der Divergenz des Lichtstrahls möglich, Veränderungen des Punktdurchmessers auf der Projektionszielfläche zu unterdrücken, sogar wenn sich die Position des Abbildungspunkts des Lichtstrahls ändert. Folglich kann ein gutes Bild unter Verwendung eines gemeinsamen optischen Projektionssystems ohne Berücksichtigung der Projektionsdistanz erhalten werden.

[0009] Die Bezugszeichen in Klammern, die in den Ansprüchen beschrieben sind, zeigen zusätzlich eine Beziehung zu den konkreten Einheiten, die in den Ausführungsformen beschrieben werden, die beispielhafte Aspekte der vorliegenden Erfindung sind. Das bedeutet, dass der technische Umfang der vorliegenden Erfindung nicht durch die Bezugszeichen begrenzt wird.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Figur, in der eine Bildprojektionsvorrichtung gemäß jeder Ausführungsform für ein Head-Up-Display angewendet wird.

Fig. 2 zeigt eine Figur, die eine Konfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 zeigt eine Figur, die eine Konfiguration zum Kombinieren eines Lichtstrahls mit jeder Farbe zeigt.

Fig. 4 zeigt eine Figur, die eine vordere Hauptebene eines optischen Projektionssystems zeigt.

Fig. 5 zeigt eine Figur, die die Positionsbeziehung zwischen einem MEMS-Spiegel, einem optischen Projektionssystem und einem Bildschirm zeigt.

Fig. 6 zeigt eine Figur, die Telezentrität zeigt.

Fig. 7 zeigt eine Figur, die eine Konfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 8 zeigt eine Figur, die eine Konfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 9 zeigt eine Figur, die eine Konfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt.

AUSFÜHRUNGSFORMEN ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0010] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen zum Implementieren der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Figuren beschrieben.

(Erste Ausführungsform)

<Struktur>

[0011] Als erstes wird die Konfiguration eines Head-Up-Displays (HUD) **100**, für das eine Bildprojektionsvorrichtung **20** gemäß einer ersten Ausführungsform angewendet wird, mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben. Die HUD **100** weist die Bildprojektionsvorrichtung **20**, einen Bildschirm **30**, eine optische Einheit **50** und ei-

nen Steuerschaltkreis **40** auf, und ist in einem Fahrzeug **AM** angebracht.

[0012] Die Bildprojektionsvorrichtung **20** ist eine Vorrichtung, die Licht, das Information darstellt, projiziert und durch den Steuerschaltkreis **40** gesteuert wird. Der Bildschirm **30** formt bzw. bildet ein Bild mit dem Licht, das von der Bildprojektionsvorrichtung **20** projiziert wird. Details der Bildprojektionsvorrichtung **20** und des Bildschirm **30** werden später beschrieben. Die optische Einheit **50** weist eine optische Vorrichtung auf, die Licht reflektiert und ein einfallendes Bild vergrößert. Ein konkaver Spiegel kann beispielsweise als die optische Einheit **50** verwendet werden.

[0013] Das durch die optische Einheit **50** reflektierte Licht wird an der Windschutzscheibe **F** reflektiert, die eine Projektionszieleinheit ist, und läuft in Richtung der Sichtlinie eines Fahrers, das heißt, einen Augenbereich **ER**. Das durch die optische Einheit **50** reflektierte Licht bildet ein virtuelles Bild **VI** vor dem Fahrzeuges **AM** mit Bezug auf den Augenbereich **ER**, so dass der Fahrer das vor dem Fahrzeug **AM** gebildete virtuelle Bild **VI** visuell erkennt. Die verschiedenen Informationstypen, die als das virtuelle Bild **VI** angezeigt werden, weisen eine Fahrzeuginformation und eine Vordergrundinformation auf. Es sollte ferner angemerkt werden, dass die Projektionszieleinheit nicht auf die Windschutzscheibe **F** begrenzt ist, sondern anstelle dessen ein Kombiniierer sein kann.

[0014] Als nächstes wird die Konfiguration der Bildprojektionsvorrichtung **20** mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. Die Bildprojektionsvorrichtung **20** weist eine optische Abtastvorrichtung **10** und ein optisches Projektionssystem **21** auf und projiziert Licht, das Information darstellt, auf den Bildschirm **30**. Hier ist der Bildschirm **30** eine Projektionsfläche.

[0015] Die optische Abtastvorrichtung **10** weist eine Lichtemittiereinheit **15**, einen ebenen Spiegel **13** und einen MEMS-Spiegel **14** auf.

[0016] Die Lichtemittiereinheit **15** weist eine Laserdiode **11** (nachfolgend LD **11**) und einen Kollimator **12** auf. Die LD **11** stahlt einen Lichtstrahl ab. Der Kollimator **12** korrigiert Aberrationen in der Form des Lichtstrahls, der von der LD **11** emittiert wird und den Kollimator **12** passiert, so dass der Lichtstrahl in paralleles Licht geformt wird. Obwohl **Fig. 2** eine vereinfachte Ansicht zeigt, zeigt **Fig. 3**, dass die LD **11** eine blaue LD **11b**, die einen blauen Strahl emittiert, eine grüne LD **11g**, die einen grünen Strahl emittiert, und eine rote LD **11r**, die einen roten Strahl emittiert, aufweist. Der Kollimator **12** weist ferner einen Kollimator **12b** zum Formen des blauen Strahls in paralleles Licht, einen Kollimator **12g** zum Formen des grünen Strahls in paralleles Licht und einen Kollimator **12r** zum Formen des roten Strahls in paralleles Licht auf. Die verschiedenen Farb-LDs **11b**, **11g** und **11r**

sind mit dem Steuerschaltkreis **40** elektrisch verbunden und eine Emission eines Lichtstrahls von jeweiligen Farben von den jeweiligen Farb-LDs **11b**, **11g** und **11r** wird gemäß Signalen vom Steuerschaltkreis **40** gesteuert. Es ist anzumerken, dass das parallele Licht hier nicht auf exakt paralleles Licht begrenzt ist, sondern Licht umfasst, das bis zu einem Grad divergent oder konvergent ist, der nicht problematisch ist, falls es als paralleles Licht gehandhabt wird.

[0017] Die Lichtemittiereinheit **15** weist ferner dichromatische Spiegel **110**, **120** und **130** auf. Der dichromatische Spiegel **110** ist in der Laufrichtung des blauen Strahls positioniert und reflektiert den blauen Strahl in Richtung des dichromatischen Spiegels **120**. Der dichromatische Spiegel **120** überträgt den blauen Strahl, während er den grünen Strahl reflektiert, um den blauen Strahl und den grünen Strahl zu kombinieren. Der dichromatische Spiegel **130** überträgt die kombinierten blauen und grünen Strahlen und reflektiert den roten Strahl, um die Lichtstrahlen der drei Primärfarben zu kombinieren. Der kombinierte Lichtstrahl trifft dann auf den ebenen Spiegel **13**. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht die LD **11** einer Emittiereinheit und der Kollimator **12** entspricht einer Formungseinheit.

[0018] Der ebene Spiegel **13** ist ein flacher Spiegel oder dergleichen, auf dem ein reflektierender Film, wie beispielsweise ein Metallfilm, angeordnet ist und der den einfallenden Lichtstrahl in Richtung des MEMS-Spiegels **14** reflektiert.

[0019] Der MEMS-Spiegel **14** weist einen konvexen Spiegel, der ein optisches Reflexionselement ist, und eine Antriebseinheit, die den konvexen Spiegel antreibt, auf. Der konvexe Spiegel des MEMS-Spiegels **14** ändert eine Krümmung **R** der Spiegelfläche, d.h. eine Brennweite **f₀** des konvexen Spiegels gemäß einem Signal vom Steuerschaltkreis **40**. Der konvexe Spiegel des MEMS-Spiegels **14** stellt folglich die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls ein, der auf den konvexen Spiegel einfällt, und steuert die Position eines Abbildungspunkts des Lichtstrahls. In anderen Worten, der MEMS-Spiegel **14** ist ein Element mit variabler Brennweite, das die Brennweite **f₀** ändert. Der konvexe Spiegel kann beispielsweise in einer anamorphen Form unter Verwendung eines piezoelektrischen Films oder dergleichen, wie beispielsweise des in JP 2016-45321 A beschriebenen Spiegels mit variablem Fokuspunkt, gebildet sein. Typischerweise treten Aberrationen, wie beispielsweise Astigmatismus, auf, wenn Licht auf eine Reflexionsfläche mit einer Krümmung einfällt. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Form des konvexen Spiegels des MEMS-Spiegel **14** jedoch nicht eine einfache sphärische Fläche, sondern weist anstelle dessen eine anamorphe Form auf, um dadurch das Auftreten der oben erwähnten Aberrationen zu reduzieren. Im konvexen Spiegel des MEMS-Spiegel **14** än-

dert sich die Krümmung **R** aufgrund eines Anlegens von Spannung.

[0020] Die Antriebseinheit des MEMS-Spiegels **14** verursacht gemäß einem Signal vom Steuerschaltkreis **40** ferner, dass der konvexe Spiegel um zwei zueinander orthogonale Rotationsachsen herum pendelt bzw. sich hin- und her bewegt, die auf dem konvexen Spiegel bereitgestellt sind. Die Antriebseinheit des MEMS-Spiegels **14** tastet infolgedessen den Lichtstrahl, dessen Konvergenz und Divergenz eingestellt werden, innerhalb eines vorgegebenen Betriebswinkelbereichs zweidimensional ab. Das heißt, der MEMS-Spiegel **14** ist ein Abweichungselement, das die Abweichung des Lichtstrahls abtastet. In der vorliegenden Ausführungsform werden das Element mit variabler Brennweite und das Abweichungselement durch den MEMS-Spiegel **14** gebildet, der dasselbe Element ist. Der MEMS-Spiegel **14** entspricht einer Einstelleinheit und einer Abtasteinheit.

[0021] Das optische Projektionssystem **21** weist mindestens ein optisches Element auf und ist im Pfad des Lichtstrahls vom MEMS-Spiegel **14** zum Bildschirm **30** angeordnet. Das optische Projektionssystem **21** wandelt das vom MEMS-Spiegel **14** abgestrahlte Licht in konvergentes Licht und projiziert es auf den Bildschirm **30**. In der vorliegenden Ausführungsform weist das optische Projektionssystem **21**, wie in **Fig. 4** gezeigt, eine Linse **211**, die in Richtung des MEMS-Spiegels **14** angeordnet ist, und eine Linse **212**, die in Richtung des Bildschirms **30** angeordnet ist, als optische Elemente auf.

[0022] Das optische Projektionssystem **21** ist, wie in den **Fig. 2** und **Fig. 4** gezeigt, so angeordnet, dass eine Einfalldistanz **L1** vom MEMS-Spiegel **14** zur vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems **21** mit der Brennweite **f** des optischen Projektionssystems **21** übereinstimmt. Das heißt, das optische Projektionssystem **21** ist an einer Position angeordnet, an der der MEMS-Spiegel **14** und das optische Projektionssystem **21** ein objektseitiges telezentrisches optisches System implementieren.

[0023] Hier ist die Hauptebene unterschiedlich zu der paraxialen Menge in einem gewöhnlichen koaxialen System. Hier ist die Hauptebene eine Fläche, die auf Grundlage der Krümmung und einer optischen Distanz des optischen Elements im optischen Pfad des Lichts berechnet wird, das das Zentrum der Abtastfläche, den Winkel zwischen dem Lichtstrahl und der Flächennormalen und so weiter abtastet. Sie wird insbesondere durch das Verfahren berechnet, das in der Referenz ARAKI, Keisuke: Paraxial Analysis for Off-Axial Optisches System, Japanese Journal of Optics, 29 (2000) 156-163 beschrieben ist.

[0024] In der vorliegenden Ausführungsform ist ferner eine Fehlansrichtung zwischen der Einfalldistanz

L1 und der Brennweite f erlaubt, so lange angenommen werden kann, dass ein telezentrisches optisches System implementiert werden kann. Als solches ist die vorliegende Ausführungsform nicht auf eine perfekte Ausrichtung begrenzt. Der erlaubbare Übereinstimmbereich kann beispielsweise $0,9 < f/L1 < 1,1$ sein. Falls das optische Projektionssystem **21** ferner nur die Linse **211** aufweist, sind die vordere Hauptebene und die hintere Hauptebene des optischen Projektionssystems **21** die vordere Hauptebene und die hintere Hauptebene der Linse **211**.

[0025] Das optische Projektionssystem **21** weist ferner entweder eine $f\theta$ -Charakteristik oder eine $Asin\theta$ -Charakteristik auf. Wenn der Lichtstrahl in einem gleichen Winkel durch den MEMS-Spiegel **14** abgetastet wird, kann der Lichtstrahl unter Verwendung des optischen Projektionssystems **21** mit der $f\theta$ -Charakteristik mit konstanter Geschwindigkeit auf dem Bildschirm **30** abgetastet werden. Infolgedessen kann ein Bild mit einem uniformen Punktdurchmesser auf dem Bildschirm **30** erhalten werden.

[0026] Wenn die Abtastgeschwindigkeit des Lichtstrahls durch den MEMS-Spiegel **14** zusätzlich langsamer wird je näher er an den Rändern des Bildes ist, desto dichter sind die Pixel an den Rändern des Bildes zusammen. Dementsprechend kann in diesem Fall unter Verwendung des optischen Projektionssystems **21** mit der $Asin\theta$ -Charakteristik, bei der die Abtastgeschwindigkeit in der Nähe der Kanten des Bildes schneller wird, ein Bild mit einer uniformen Pixeldichte über das gesamte Displaygebiet erhalten werden. Entweder ein optisches Projektionssystem mit der $f\theta$ -Charakteristik oder das optische Projektionssystem mit der $Asin\theta$ -Charakteristik kann angemessen ausgewählt werden, um als das optische Projektionssystem **21** verwendet zu werden.

[0027] Der Bildschirm **30** ist ein Bildschirm mit einer reflektierenden Mikrospiegelanordnung (nachfolgend als MMA (micromirror array) bezeichnet) oder einer lichtdurchlässigen Mikrolinsenanordnung (nachfolgend als MLA (microlens array) bezeichnet). Entweder ein Bildschirm mit einer MMA oder ein Bildschirm mit einer MLA kann angemessen ausgewählt werden, um als der Bildschirm **30** verwendet zu werden. Das auf dem Bildschirm **30** gebildete Bild ist vergrößert und wird auf der Windschutzscheibe **F** oder dergleichen angezeigt. Infolgedessen wird ein virtuelles Bild vor der Windschutzscheibe **F** oder dergleichen gebildet und der Fahrer erkennt das virtuelle Bild visuell. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht der Bildschirm **30** einer Projektionszielfläche.

[0028] Der Bildschirm **30** kann ferner mit einem Aktor verbunden sein, der gemäß einem Signal vom Steuerschaltkreis **40** angetrieben wird. Der Aktor kann ferner angetrieben werden, um den Bildschirm **30** in Abhängigkeit der Information, die angezeigt werden soll,

anzutreiben, um dadurch eine Projektionsdistanz **L2** von der hinteren Hauptebene des optischen Projektionssystems **21** zum Bildschirm **30** zu ändern. Infolgedessen werden virtuelle Bilder an Positionen gebildet, die sich gemäß der Information unterscheiden, so dass der Fahrer die Information gemäß der Abbildungspositionen der virtuellen Bilder klassifizieren und erkennen kann.

[0029] In der vorliegenden Ausführungsform wird ein telezentrisches optisches System implementiert und die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls werden gemäß der Projektionsdistanz **L2** eingestellt, so dass ein Punktdurchmesser S im Wesentlichen ohne Berücksichtigung der Projektionsdistanz **L2** konstant ist. Infolgedessen wird eine gute Bildleistung realisiert. Der Punktdurchmesser wird nachfolgend beschrieben.

<Punktdurchmesser>

[0030] Wenn paralleles Licht, wie in **Fig. 5** gezeigt, in den konvexen Spiegel mit einer Krümmung **R** eintritt, wird das Licht an einer Position abgebildet, die um $R/2$ von der Position des konvexen Spiegels, d.h. des MEMS-Spiegels **14**, separiert ist. In anderen Worten, ein virtuelles Bild des Lichtemittierpunkts der LD wird an einer Position **P** gebildet, die die Position des Abbildungspunkts ist und die um $R/2$ von der Position des MEMS-Spiegels **14** separiert ist. Folglich wird die Gleichung (1) aus der Abbildungsformel des optischen Projektionssystems **21** mit der Position **P** als die Objektebene erfüllt. Wenn Gleichung (1) transformiert wird, wird sie zu Gleichung (2).

[Gleichung 1]

$$\frac{1}{L_1 + \frac{R}{2}} + \frac{1}{L_2} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

[Gleichung 2]

$$\frac{f}{L_1 + \frac{R}{2}} + \frac{f}{L_2} = 1 \quad (2)$$

[0031] Falls die Projektionsdistanz **L2** verändert wird, während die Krümmung **R** des konvexen Spiegels, die Brennweite f des optischen Projektionssystems und die Einfallsdistanz **L1** konstant gehalten werden, wird die Abbildungsformel nicht länger erfüllt. In anderen Worten, der Abbildungspunkt des Lichtstrahls weicht vom Bildschirm **30** ab. Infolgedessen wird der Punktdurchmesser **S** auf dem Bildschirm **30** groß und die Auflösung des Bildes nimmt ab. Folglich ist der MEMS-Spiegel **14** in der vorliegenden Ausführungsform ein Element mit variabler Brennweite und die Krümmung **R** wird gemäß der Projektionsdistanz **L2** geändert, so dass die Abbildungsformel

erfüllt wird. Falls jedoch sogar die Position des Abbildungsformpunkts des Lichtstrahls und die Position des Bildschirms **30** nicht perfekt miteinander übereinstimmen, ist es erlaubt, dass die Position des Abbildungspunkts etwas abweicht, so lange der Abbildungspunkt und der Bildschirm **30** innerhalb eines Bereichs miteinander übereinstimmen, in dem angenommen werden kann, dass der Abbildungspunkt auf dem Bildschirm **30** ist. Der erlaubbare Übereinstimmungsbereich kann beispielsweise der in Gleichung (3) angezeigte Bereich sein.

[Gleichung 3]

$$0.9 < \frac{f}{L_1 + \frac{R}{2}} + \frac{f}{L_2} < 1.1 \quad (3)$$

Durch Ändern der Krümmung **R** des konvexen Spiegels, verändert sich die Position **P**. Folglich verändert sich der Punktdurchmesser **S** mit der Änderung der Krümmung **R** in dem Fall, in dem der MEMS-Spiegel **14** und das optische Projektionssystem **21** ein telezentrisches optisches System nicht implementieren, sogar falls das Bild auf dem Bildschirm **30** gebildet wird. In dieser Hinsicht bilden der MEMS-Spiegel **14** und das optische Projektionssystem **21** in der vorliegenden Ausführungsform ein telezentrisches optisches System. Es wird angenommen, dass **L10** die Distanz von der vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems **21** zum virtuellen Bild des MEMS-Spiegels **14**, und dass **D** der Durchmesser des virtuellen Bildes des MEMS-Spiegels **14** ist, wenn ein telezentrisches optisches System, wie in **Fig. 6** gezeigt, implementiert wird, wobei die Distanz **L10** und der Durchmesser **D** als unendlich betrachtet werden können. Folglich ist kein Einfluss vorhanden und der Punktdurchmesser **S** ändert sich nicht, sogar falls sich die Position **P** ändert.

[0032] Wenn insbesondere paralleles Licht, wie in **Fig. 6** gezeigt, in das optische Projektionssystem **21** einfällt, wird ein Bild an einer Position gebildet, die von der hinteren Hauptebene des optischen Projektionssystems **21** um die Brennweite **f** separiert ist. Die Position dieses Abbildungspunkts wird als die Referenzposition verwendet. Hier wird der Lichtstrahl durch Ändern der Krümmung **R** und Konvergieren oder Divergieren des parallelen Lichts an einer Position fokussiert, die von der Referenzposition des optischen Projektionssystems **21** eine Abweichung **Sk** entfernt ist. In diesem Fall ist der Punktdurchmesser **S**: $S \propto (L10 + f + Sk) / D$. Wenn ein telezentrisches optisches System realisiert wird, kann der Einfluss der Abweichung **Sk** ignoriert werden, da die Distanz **L10** und der Durchmesser **D** als unendlich betrachtet werden können. Folglich, kann der Punktdurchmesser **S** immer als konstant betrachtet werden.

<Effekte>

[0033] Gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform werden die folgenden Effekte bereitgestellt.

(1) Da die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls eingestellt werden, sogar falls sich die Projektionsdistanz **L2** ändert, kann der Abbildungsformpunkt des Lichtstrahls mit dem Bildschirm **30** ausgerichtet werden. Ferner ist es möglich, Änderungen des Punktdurchmessers **S** auf dem Bildschirm **30** durch Realisieren eines telezentrischen optischen Systems durch den MEMS-Spiegel **14** und das optische Projektionssystem **21** zu unterdrücken, sogar falls sich die Position des Abbildungspunkts des MEMS-Spiegels **14** ändert. Folglich kann eine gute Bildformation bzw. Bildformung auf dem Bildschirm **30** ohne Berücksichtigung der Projektionsdistanz **L2** erhalten werden. Infolgedessen kann eine gute Bildleistung erhalten werden, sogar falls ein optisches Projektionssystem **21** verwendet wird, das eine Vielzahl von Fahrzeugtypen gemein hat.

(2) In einer Konfiguration, bei der das Element mit variabler Brennweite die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls unter Verwendung des reflektierenden optischen Elements einstellt, können das Element mit variabler Brennweite und das Abweichungselement durch einen MEMS-Spiegel **14** implementiert werden.

(3) Durch Ändern der Krümmung **R** des konvexen Spiegels des MEMS-Spiegels **14** gemäß der Projektionsdistanz **L2** kann die Position des Abbildungspunkts des konvexen Spiegels auf eine Position verändert werden, die der Projektionsdistanz **L2** entspricht. Folglich kann der Abbildungsformpunkt des Lichtstrahls auf dem Bildschirm **30** ohne Berücksichtigung der Projektionsdistanz **L2** ausgerichtet werden.

(4) Wenn der Lichtstrahl in einem gleichen Winkel durch den MEMS-Spiegel **14** abgetastet wird, kann ein Bild mit einem uniformen Punktdurchmesser vom Zentrum zu den Kanten unter Verwendung des optischen Projektionssystems **21** mit der $f\theta$ -Charakteristik erhalten werden.

(5) Wenn die Abtastgeschwindigkeit des Lichtstrahls durch den MEMS-Spiegel **14** langsamer wird, je näher er sich an den Rändern des Bildes befindet, ist es möglich, ein Bild mit einer uniformen Bilddichte über das gesamte Displaygebiet unter Verwendung des optischen Projektionssystems **21** mit der $Asin\theta$ -Charakteristik zu erhalten.

(Zweite Ausführungsform)

<Unterschiede zur ersten Ausführungsform>

[0034] Da die Basiskonfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung **20A** gemäß der zweiten Ausführungsform dieselbe wie die der Bildprojektionsvorrichtung **20** gemäß der ersten Ausführungsform ist, werden Beschreibungen von geteilten Konfigurationen weggelassen und die Diskussion wird primär auf Unterschiede fokussiert. Es ist anzumerken, dass dieselben Bezugszeichen wie diejenigen in der ersten Ausführungsform dieselbe Konfiguration anzeigen und sich auf die vorherige Beschreibung beziehen.

[0035] In der optischen Abtastvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform wird ein konvexer Spiegel im MEMS-Spiegel **14** verwendet. In der optischen Abtastvorrichtung **10A** gemäß der zweiten Ausführungsform wird andererseits anstelle dessen, wie in **Fig. 7** gezeigt, ein konkaver Spiegel für den MEMS-Spiegel **14A** verwendet. In der vorliegenden Ausführungsform stellt der MEMS-Spiegel **14A** die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls durch Ändern einer Krümmung R_a des konkaven Spiegels gemäß der Projektionsdistanz L_2 so ein, dass sich der Abbildungspunkt auf dem Bildschirm **30** befindet.

[0036] In der vorliegenden Ausführungsform ist ferner eine Kondensorlinse **16** bzw. Sammellinse zwischen dem Kollimator **12** und dem MEMS-Spiegel **14A** bereitgestellt. Falls paralleles Licht durch den konkaven Spiegel reflektiert wird, wird es, wie durch die gestrichelte Linie in **Fig. 6** angezeigt, konvergentes Licht. Wenn andererseits divergentes Licht durch den konkaven Spiegel reflektiert wird, wird es paralleles Licht. Wenn dementsprechend der durch den konkaven Spiegel reflektierte Lichtstrahl paralleles Licht ist, kann die Position des Abbildungspunkts des Lichtstrahls nur in die Richtung eingestellt werden, in der Lichtstrahl konvergent ist. Das heißt, die Position des Bildschirms **30** kann nur in die Annäherungsrichtung des optischen Projektionssystems **21** von der oben erwähnten Referenzposition eingestellt werden. Wenn folglich der durch den konkaven Spiegel reflektierte Lichtstrahl divergentes Licht ist, kann die Position des Abbildungspunkts des Lichtstrahls sowohl in die Richtung, in der Lichtstrahl konvergent ist, als auch in die Richtung, in der Lichtstrahl divergent ist, eingestellt werden. In anderen Worten, die Position des Bildschirms **30** kann sowohl in die in die Bewegungsrichtung weg vom optischen Projektionssystem **21** und in die Annäherungsrichtung des optischen Projektionssystem **21** mit Bezug auf die Referenzposition eingestellt werden.

[0037] Hier ist in der vorliegenden Ausführungsform die Kondensorlinse **16** zwischen dem Kollimator **12** und dem MEMS-Spiegel **14A** bereitgestellt. Infolge-

dessen formt der Lichtstrahl momentan ein Bild und wird konvergentes Licht, bevor der Lichtstrahl in den MEMS-Spiegel **14** eintritt. Danach tritt der Lichtstrahl in den MEMS-Spiegel **14A** ein. Das heißt, divergentes Licht fällt in den MEMS-Spiegel **14A** ein. Der MEMS-Spiegel **14A** tastet dann das parallele Licht ab, das durch das divergente Licht gebildet wird, das durch die konkave Fläche reflektiert wird.

[0038] In der vorliegenden Ausführungsform werden die Lichtstrahlen der drei Farben temporär durch eine Kondensorlinse **16** abgebildet. Folglich wird eine achromatische Linse für die Kondensorlinse **16** verwendet. Infolgedessen können die Positionen der momentanen Abbildungspunkte der Lichtstrahlen der drei Farben ausgerichtet werden und es ist möglich, Abweichungen der Position der Abbildungspunkte der Lichtstrahlen der drei Farben auf dem Bildschirm **30** zu reduzieren. Die Position der Kondensorlinse **16** kann zwischen dem Kollimator **12** und dem ebenen Spiegel **13** oder zwischen dem ebenen Spiegel **13** und dem MEMS-Spiegel **14A** sein.

[0039] Anstelle der Kondensorlinse **16** kann ferner ein divergentes Licht unter Verwendung einer Linse mit einer negativen Leistung (beispielsweise einer konkaven Linse) produziert werden. Eine Reflexionsfläche kann ferner anstelle der Linse verwendet werden.

[0040] Es wird in der vorliegenden Ausführungsform angenommen, dass die Distanz vom imaginären Abbildungspunkt der Kondensorlinse **16** zum MEMS-Spiegel **14A** ein konstanter Wert L_a ist, wobei der in den MEMS-Spiegel **14A** einfallenden Lichtstrahl an einer Position abgebildet wird, die $S_a = R_a L_a / (2L_a - R_a)$ vom MEMS-Spiegel **14A** entfernt ist. Folglich wird die Krümmung R_a des konkaven Spiegels des MEMS-Spiegels **14A** so festgelegt, dass sie die Gleichung (3) erfüllt, in der S_a durch $R/2$ ersetzt wird. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht die Kondensorlinse **16** einer Divergereinheit.

<Effekte>

[0041] Gemäß der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform, können die Effekte (1), (2), (4) und (5) der ersten Ausführungsform erhalten werden. Ferner können durch Ändern der Krümmung R_a des konkaven Spiegels des MEMS-Spiegels **14A** anstelle der Krümmung R des konvexen Spiegels des MEMS-Spiegels **14**, dieselben Effekte wie der Effekt (3) erhalten werden. Des Weiteren kann der folgende Effekt (6) erhalten werden.

[0042] (6) Da die Kondensorlinse **16** bereitgestellt ist, sogar wenn ein MEMS-Spiegel **14A** mit einem konkaven Spiegel verwendet wird, kann die Position des Bildschirms **30** von der Referenzposition sowohl in die Annäherungsrichtung des optischen Projekti-

onssysteme **21** als auch in die Bewegungsrichtung weg vom optischen Projektionssystem **21** eingestellt werden.

(Dritte Ausführungsform)

<Unterschiede zur ersten Ausführungsform>

[0043] Da die Basiskonfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung **20B** gemäß der dritten Ausführungsform dieselbe wie die der Bildprojektionsvorrichtung **20** gemäß der ersten Ausführungsform ist, werden Beschreibungen von geteilten Konfigurationen weggelassen und die Diskussion wird primär auf Unterschiede fokussiert. Es ist anzumerken, dass dieselben Bezugszeichen wie diejenigen in der ersten Ausführungsform dieselbe Konfiguration anzeigen und sich auf die vorherige Beschreibung beziehen.

[0044] In der optischen Abtastvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform werden das Element mit variabler Brennweite und das Abweichungselement durch den MEMS-Spiegel **14** implementiert. In einer optischen Abtastvorrichtung **10B** gemäß der dritten Ausführungsform wird das Abweichungselement andererseits, wie in **Fig. 8** gezeigt, durch einen MEMS-Spiegel **14B** bereitgestellt und zusätzlich ist eine Linse **17** mit variabler Brennweite als ein Element mit variabler Brennweite separat bereitgestellt.

[0045] Der MEMS-Spiegel **14B** weist einen ebenen Spiegel, der ein ebenes optisches Reflexionselement ist, und eine Antriebseinheit, die den ebenen Spiegel antreibt, auf. Die Linse **17** mit variabler Brennweite ist eine transmissionsartige Linse und stellt die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls, die sie passieren, durch Ändern einer Krümmung R_b der transmissionsartigen Linse gemäß einem Signal vom Steuerschaltkreis **40** ein.

<Effekte>

[0046] Gemäß der oben beschriebenen dritten Ausführungsform können die Effekte (1), (4) und (5) der ersten Ausführungsform erhalten werden. Ferner kann durch Ändern der Krümmung R_b der Linse **17** mit variabler Brennweite anstelle der Krümmung R des konvexen Spiegels, der im MEMS-Spiegel **14** vorhanden ist, dieselben Effekte wie der Effekt (3) erhalten werden.

(Vierte Ausführungsform)

<Unterschiede zur zweiten Ausführungsform>

[0047] Da die Basiskonfiguration einer Bildprojektionsvorrichtung **20C** gemäß der vierten Ausführungsform dieselbe wie die der Bildprojektionsvorrichtung **20A** gemäß der zweiten Ausführungsform ist, werden Beschreibungen von geteilten Konfigurationen weggelassen und die Diskussion wird primär auf Unterschiede fokussiert. Es ist anzumerken, dass dieselben Bezugszeichen wie diejenigen in der ersten Ausführungsform dieselbe Konfiguration anzeigen und sich auf die vorherige Beschreibung beziehen.

gelassen und die Diskussion wird primär auf Unterschiede fokussiert. Es ist anzumerken, dass dieselben Bezugszeichen wie diejenigen in der ersten Ausführungsform dieselbe Konfiguration anzeigen und sich auf die vorherige Beschreibung beziehen.

[0048] In der optischen Abtastvorrichtung **10A** gemäß der zweiten Ausführungsform, die ähnlich der optischen Abtastvorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist, wird der konkave Spiegel für den MEMS-Spiegel **14A** verwendet. Im Gegensatz dazu unterscheidet sich die Bildprojektionsvorrichtung **20C** gemäß der vierten Ausführungsform dadurch, dass, wie in **Fig. 9** gezeigt, ein MEMS-Spiegel **14** mit einem konvexen Spiegel verwendet wird.

[0049] In der vorliegenden Ausführungsform verursacht ferner eine Kondensorlinse **16C**, dass konvergentes Licht in den MEMS-Spiegel **14** eintritt, ohne den Lichtstrahl vor Eintreten in den MEMS-Spiegel **14** momentan abzubilden. Der MEMS-Spiegel **14** tastet dann das parallele Licht ab, das durch das konvergente Licht gebildet wird, das an der konvexen Fläche reflektiert wird. Eine Reflexionsfläche kann auch anstelle der Kondensorlinse **16C** verwendet werden. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht die Kondensorlinse **16C** einer Konvergiereinheit.

<Effekte>

[0050] Gemäß der oben beschriebenen vierten Ausführungsform können die Effekte (1) bis (5) der ersten Ausführungsform erhalten werden.

(Andere Ausführungsformen)

[0051] Obwohl Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung oben beschrieben wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt und es können verschiedene Modifikationen gemacht werden.

(a) In jeder der obigen Ausführungsformen ist der ebene Spiegel **13** zwischen dem Kollimator **12** und dem MEMS-Spiegel **14**, **14 A**, **14 B** bereitgestellt, aber der ebene Spiegel **13** kann nicht bereitgestellt sein. Es kann alternativ eine Vielzahl von ebenen Spiegeln **13** bereitgestellt sein. Die ebenen Spiegel **13** können gemäß der gewünschten Größe der optischen Abtastvorrichtung **10** angemessen bereitgestellt sein.

(b) Eine Vielzahl von Funktionen eines Elements in der obigen Ausführungsform kann durch eine Vielzahl von Elementen bereitgestellt sein, oder eine Funktion eines Elements kann durch eine Vielzahl von Elementen bereitgestellt sein. Ferner kann eine Vielzahl von Funktionen von einer Vielzahl von Elementen durch ein Element bereitgestellt sein, oder eine durch eine Vielzahl von Elementen implementierte Funktion kann

durch ein Element implementiert werden. Ein Teil der Konfiguration der obigen Ausführungsformen kann weggelassen werden. Mindestens ein Teil der Konfiguration der obigen Ausführungsformen kann hinzugefügt oder durch die Konfiguration einer anderen der obigen Ausführungsformen ersetzt werden. Alle Aspekte, die in den technischen Ideen vorhanden sind, die nur durch die in den Ansprüchen beschriebene Sprache spezifiziert werden, werden als Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betrachtet.

(c) Zusätzlich zu der oben beschriebenen Bildprojektionsvorrichtung, kann die vorliegende Erfindung in verschiedenen Formen, wie beispielsweise als eine Head-Up-Display-Vorrichtung oder als ein System, das die Bildprojektionsvorrichtung als eine Komponente aufweist, implementiert werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2016127756 [0001]
- JP 2010049232 A [0003, 0004]
- JP 2016045321 A [0019]

Patentansprüche

1. Bildprojektionsvorrichtung (20, 20A, 20B, 20C), die Licht, das eine Information darstellt, auf eine Projektionszielfläche (30) projiziert, mit:
 einer Emittiereinheit (11), die so konfiguriert ist, dass sie einen Lichtstrahl emittiert;
 einer Formungseinheit (12), die so konfiguriert ist, dass sie eine Form des Lichtstrahls formt, der von der Emittiereinheit emittiert wird;
 einer Einstelleinheit (14, 14A, 17), die so konfiguriert ist, dass sie Konvergenz und Divergenz des Lichtstrahls, der durch die Formungseinheit geformt wird, so einstellt, dass ein Abbildungspunkt des Lichtstrahls auf der Projektionszielfläche positioniert ist;
 einer Abtasteinheit (14, 14A, 14B), die so konfiguriert ist, dass sie eine Abweichung des Lichtstrahls abtastet, dessen Konvergenz und Divergenz durch die Einstelleinheit eingestellt werden; und
 einem optischen Projektionssystem (21), das mindestens ein optisches Element aufweist, wobei das optische Projektionssystem in einem Pfad des Lichtstrahls von der Abtasteinheit zu der Projektionszielfläche angeordnet und so konfiguriert ist, dass es den Lichtstrahl, dessen Abweichung durch die Abtasteinheit abgetastet wird, auf die Projektionszielfläche projiziert, wobei das optische Projektionssystem so angeordnet ist, dass sich eine Position einer vorderen Hauptebene des optischen Projektionssystems an einer Position befindet, die von der Abtasteinheit um eine Brennweite des optischen Projektionssystems separiert ist.

2. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Einstelleinheit ein optisches Reflexionselement ist, das so konfiguriert ist, dass es den Lichtstrahl reflektiert, dessen Konvergenz und Divergenz eingestellt werden.

3. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Einstelleinheit (14, 14A) und die Abtasteinheit (14, 14A) durch ein gemeinsames Element bereitgestellt sind.

4. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Einstelleinheit (14) eine Reflexionsfläche aufweist, die auf einer konvexen Fläche gebildet ist und den Lichtstrahl reflektiert.

5. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Einstelleinheit (14A) eine Reflexionsfläche aufweist, die auf einer konkaven Fläche gebildet ist und den Lichtstrahl reflektiert.

6. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 5, ferner mit:
 einer Divergiereinheit (16) zwischen der Formungseinheit und der Einstelleinheit (14A), die so konfiguriert ist, dass sie verursacht, dass der Lichtstrahl divergiert wird, der durch die Formungseinheit geformt

wird, und dass sie verursacht, dass das divergente Licht in die Einstelleinheit eintritt.

7. Bildprojektionsvorrichtung gemäß Anspruch 4, ferner mit:
 einer Konvergiereinheit (16C) zwischen der Formungseinheit und der Einstelleinheit (14), die so konfiguriert ist, dass sie verursacht, dass der Lichtstrahl konvergiert wird, der durch die Formungseinheit geformt wird, und dass sie verursacht, dass das konvergente Licht in die Einstelleinheit eintritt.

8. Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei die Einstelleinheit (14, 14A) so konfiguriert ist, dass sie eine Krümmung der Reflexionsfläche der Einstelleinheit gemäß einer Projektionsdistanz von einer hinteren Hauptebene des optischen Projektionssystems zur Projektionszielfläche ändert, um die Konvergenz und die Divergenz des Lichtstrahls einzustellen.

9. Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das optische Projektionssystem eine $f\theta$ -Charakteristik aufweist.

10. Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das optische Projektionssystem eine $Asin\theta$ -Charakteristik aufweist.

11. Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Projektionszielfläche einen Bildschirm mit einer Mikrospiegelanordnung aufweist.

12. Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Projektionszielfläche einen Bildschirm mit einer Mikrolinsenanordnung aufweist.

13. Head-Up-Display-Vorrichtung mit:
 der Bildprojektionsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

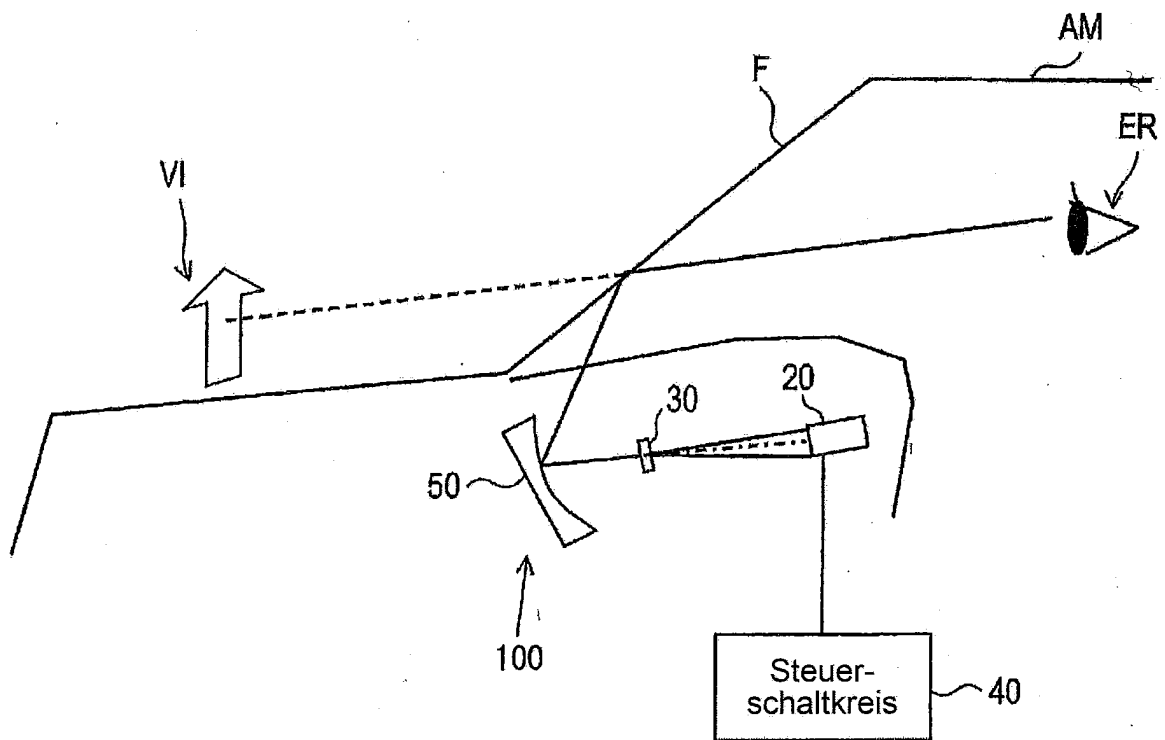


FIG. 2

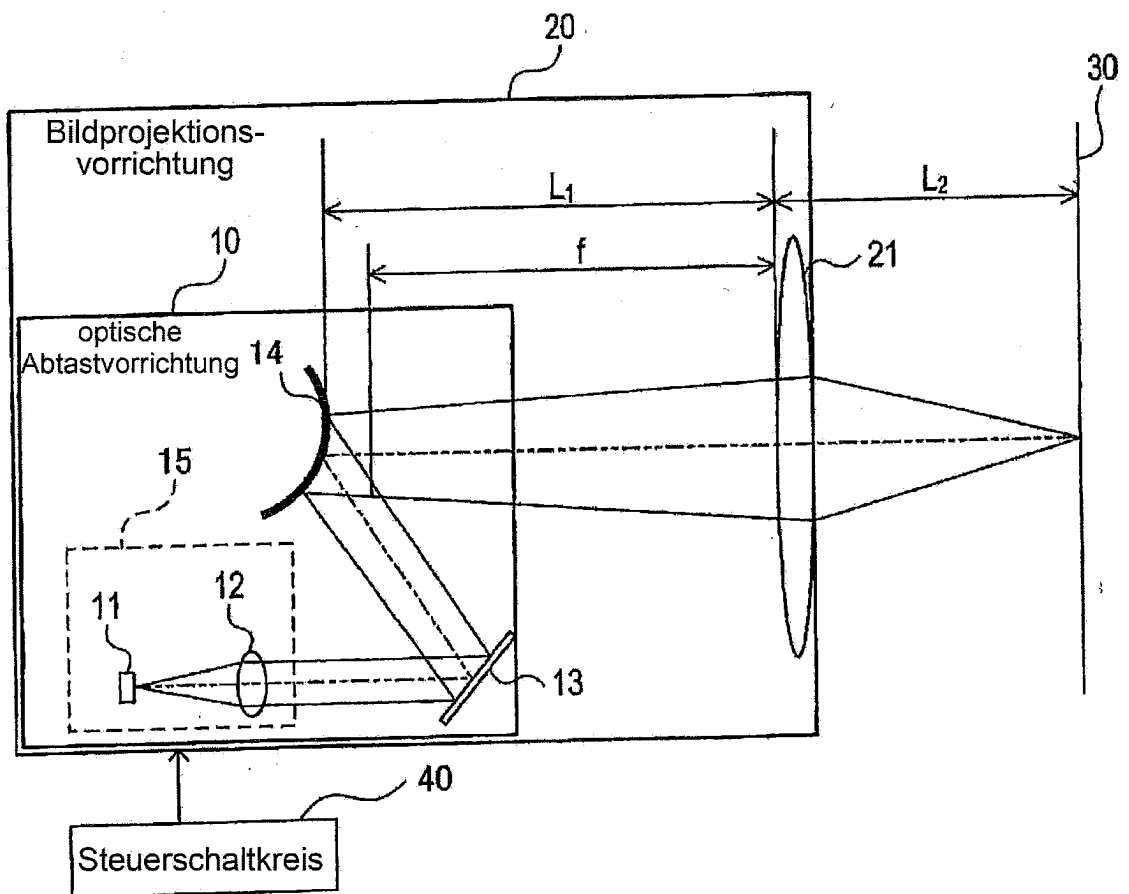


FIG. 3

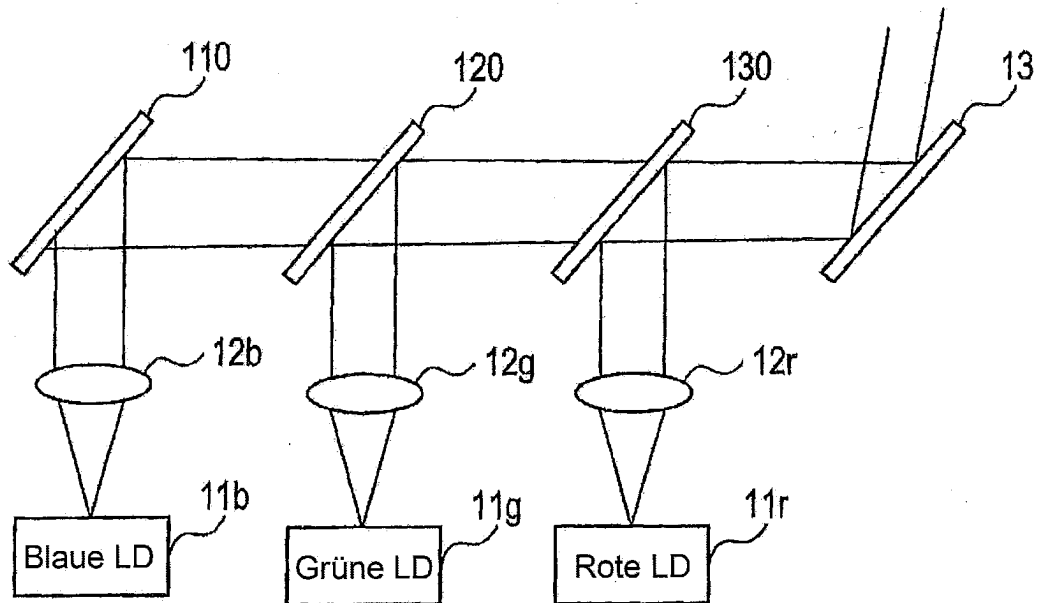


FIG. 4

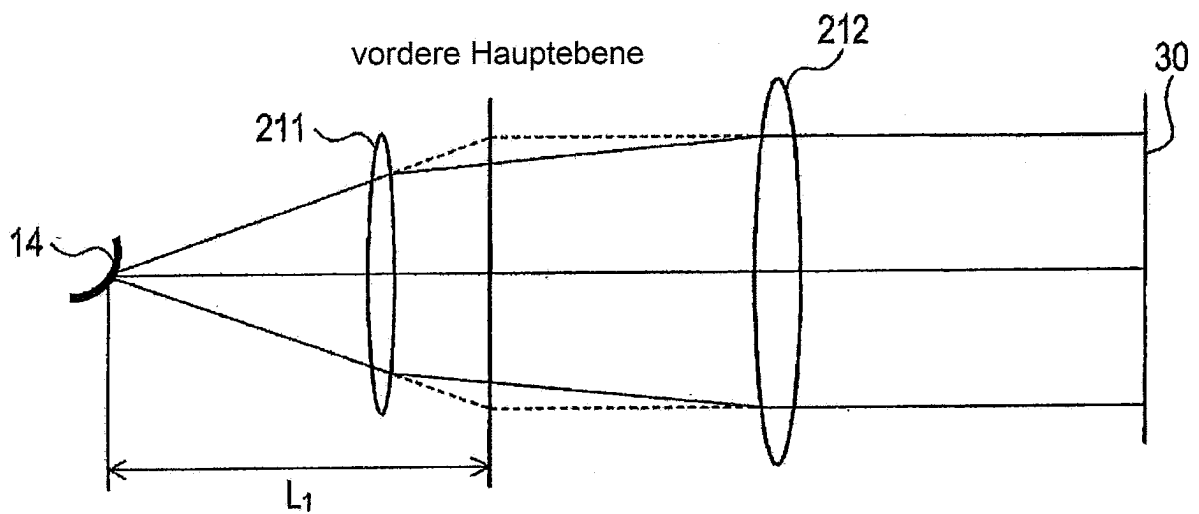


FIG. 5

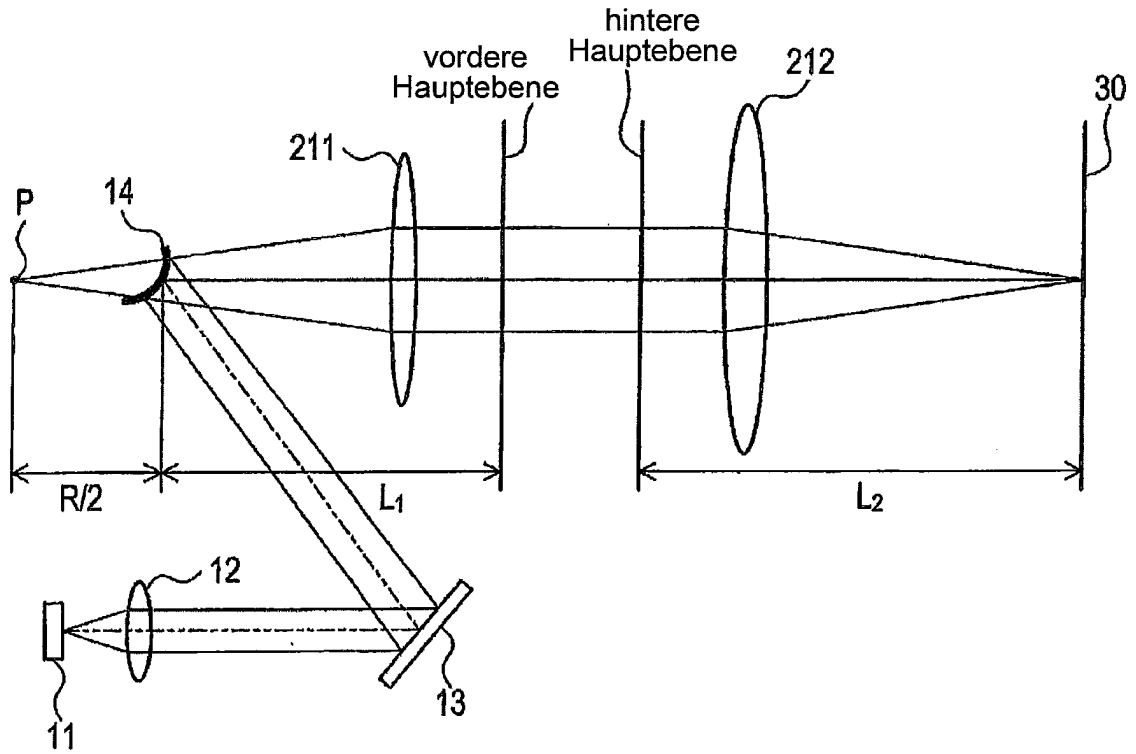


FIG. 6

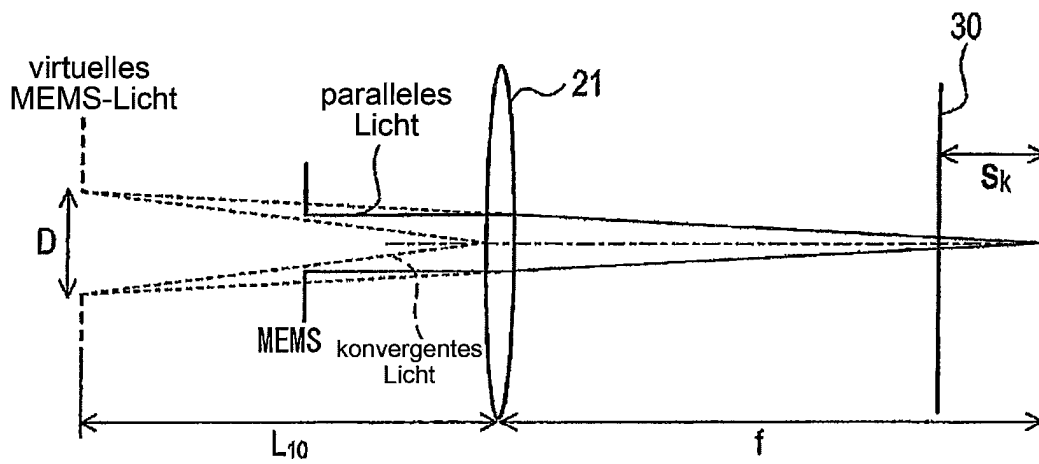


FIG. 7

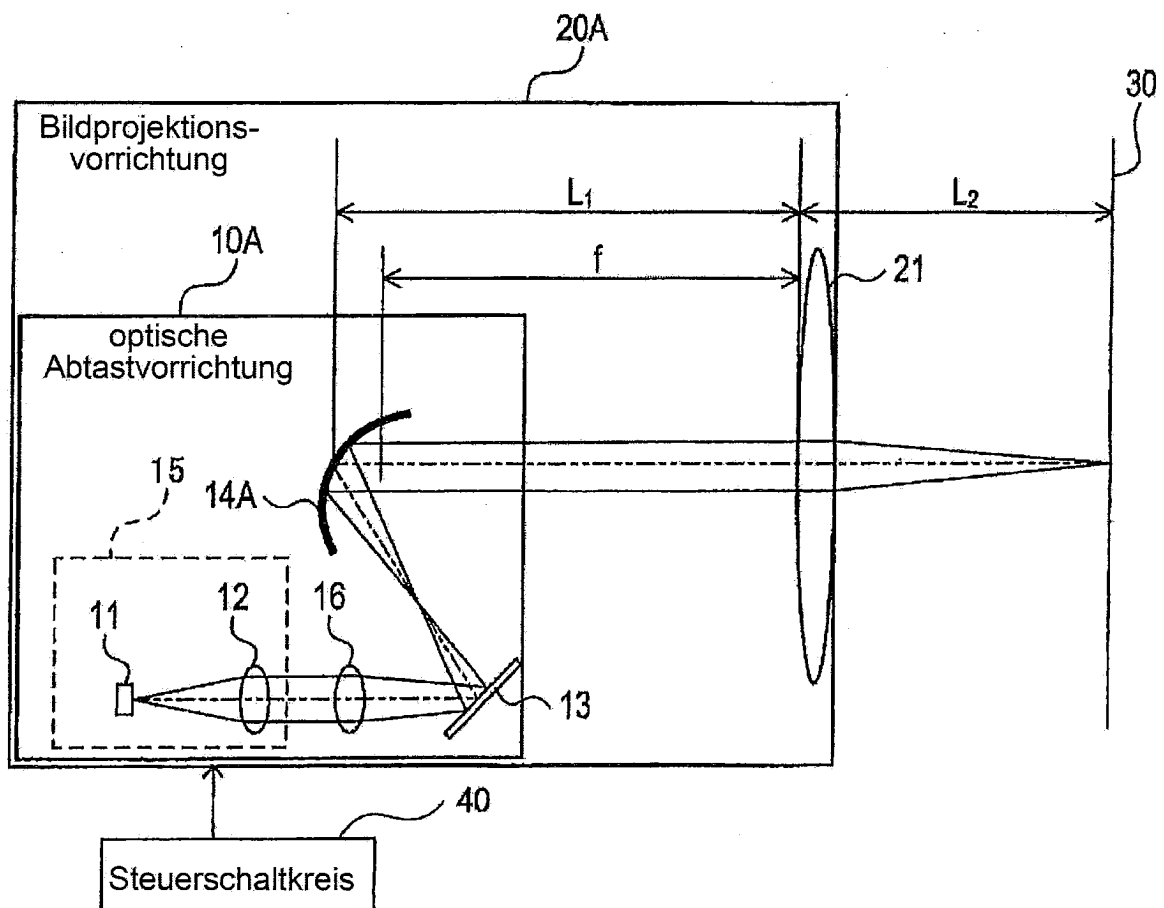


FIG. 8

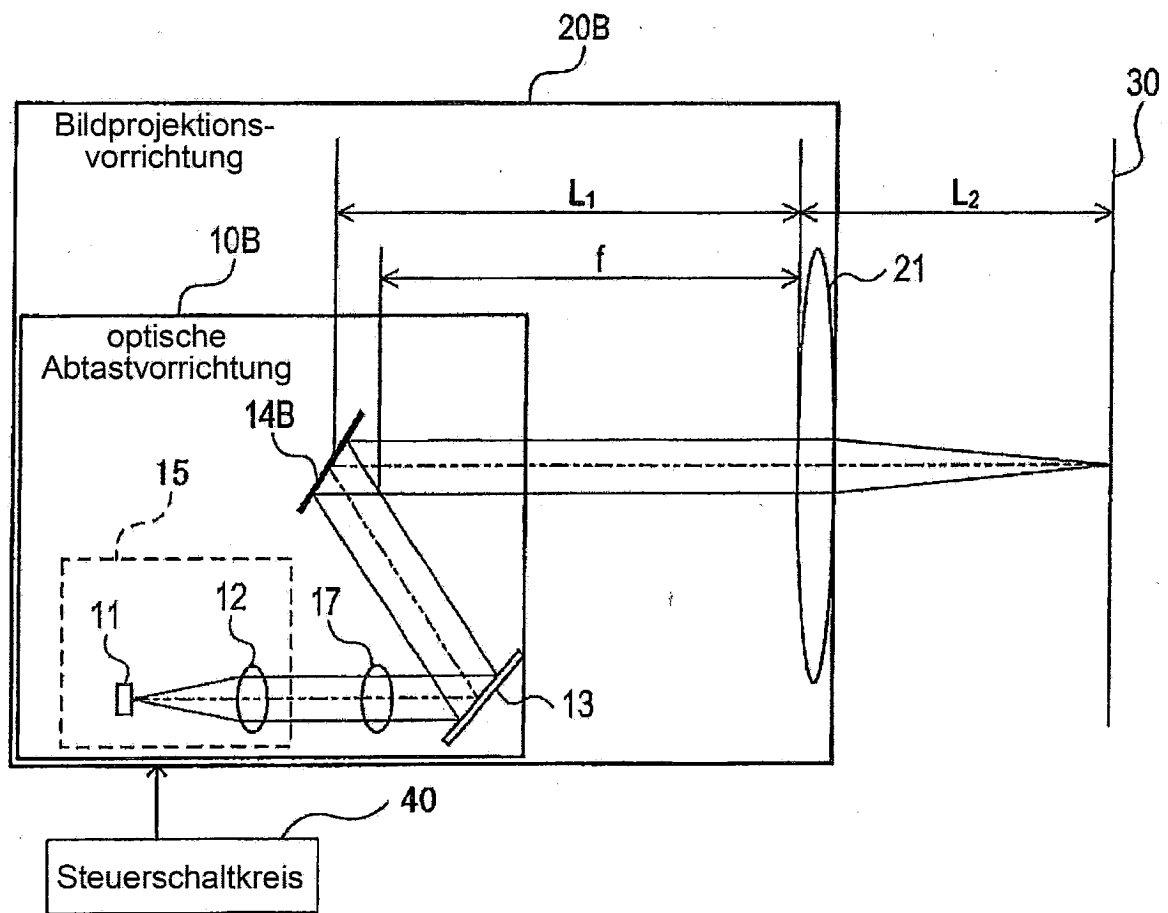


FIG. 9

